

1087

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

PCT/DE 00/03020 #2

10/088218

REC'D 24 NOV 2000	
WIPO	PCT



DE00/3020

**PRIORITY  
DOCUMENT**

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

**Prioritätsbescheinigung über die Einreichung  
einer Patentanmeldung**

E-J. U

**Aktenzeichen:** 199 44 558.3

**Anmeldetag:** 17. September 1999

**Anmelder/Inhaber:** Robert Bosch GmbH, Stuttgart/DE

**Bezeichnung:** Verfahren zum Senden von Funksignalen und  
Sender zum Versenden von Funksignalen

**IPC:** H 04 J, H 04 B

Die angehefteten Stücke sind eine richtige und genaue Wiedergabe der  
ursprünglichen Unterlagen dieser Patentanmeldung.

München, den 25. September 2000  
Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident  
Im Auftrag

Weihmayer

9161  
3/00  
DVL

14.09.99 Vg/Kat

5

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

10

Verfahren zum Senden von Funksignalen und Sender zum  
Versenden von Funksignalen

Stand der Technik

15

Die Erfindung geht aus von einem Verfahren zum Senden von Funksignalen bzw. einem Sender zum Versenden von Funksignalen nach der Gattung der unabhängigen Patentansprüche.

20

Es ist bereits aus M. Lampe und H. Rohling: „Aufwandsgünstige Verfahren zur Reduktion der Außerbandstrahlung in OFDM-Funkübertragungssystemen“, Vortrag gehalten bei den OFDM-Fachgesprächen in Braunschweig am 03.09.1989, abgedruckt im Konferenzband, bekannt, daß in einem Sender zum Versenden von OFDM (Orthogonal Frequency Division Multiplex = orthogonaler Frequenzmultiplex)-Signalen zur Reduzierung der Außerbandstrahlung aufgrund der Nichtlinearität des Senders eine Verringerung der

30

Amplitudenvarianz des OFDM-Signals vorgenommen wird, indem ein additives Korrektursignal von dem zu versendenden OFDM-Signal abgezogen wird. Dabei setzt sich das Korrektursignal aus der Differenz zwischen einer vorgegebenen Schwelle und den Amplitudenwerten des OFDM-Signals, die über dieser Schwelle liegen, zusammen. Ist die Amplitude des OFDM-Signals zu einem bestimmten Zeitpunkt unter der Schwelle,

35

dann ist die Amplitude des Korrektursignals zu diesem bestimmten Zeitpunkt null.

---

#### Vorteile der Erfindung

5

Das erfindungsgemäße Verfahren bzw. der erfindungsgemäße Sender mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche hat demgegenüber den Vorteil, daß zu dem Korrektursignal auch die Phase des zu korrigierenden OFDM-Signals aufgeprägt wird, so daß sich eine Bitfehlerrate des OFDM-Signals und damit die Signalqualität entscheidend verbessert. Dadurch ist es möglich, den teuren Sender für OFDM-Signale besser auszusteuern und damit besser auszunutzen.

10

15

Weiterhin ist es von Vorteil, daß für eine vorgegebene Sendeleistung ein billigerer Sender durch den Einsatz der Erfindung eingesetzt wird, da der Verstärker des Senders besser ausgenutzt wird.

20

Durch die in den abhängigen Ansprüchen aufgeführten Maßnahmen sind vorteilhafte Weiterbildungen und Verbesserungen des in den unabhängigen Patentansprüchen angegebenen Verfahrens zum Senden von Funksignalen bzw. Senders zum Versenden von Funksignalen möglich.

Besonders vorteilhaft ist, daß das Korrektursignal wiederholt bestimmt wird und von dem bereits korrigierten Signal wiederholt abgezogen wird. Hierdurch wird erreicht, daß der Einfluß des Korrektursignals auf das OFDM-Signal minimiert wird. Durch solch eine Iteration gelingt es, daß andere Signalanteile, die durch das Korrektursignal angehoben werden wieder reduziert werden.

---

30

35

Weiterhin ist von Vorteil, daß sich das Korrektursignal aus Gaußimpulsen zusammensetzt. Gaußimpulse weisen im

Zeitbereich und im Frequenzbereich die gleiche Form auf und eine Verbreiterung eines Gaußimpulses im Zeitbereich führt zu einer Verbreiterung eines Gaußimpulses im Frequenzbereich. Dadurch wird die Handhabung und Zusammensetzung des Korrektursignals erheblich vereinfacht.

Darüber hinaus ist von Vorteil, daß das Korrektursignal iterativ solange erneut bestimmt wird und von dem OFDM-Signal abgezogen wird bis das OFDM-Signal eine vorgegebene Schwelle nicht mehr überschreitet. Durch diese Maßnahme gewinnt man ein iteratives Verfahren, daß das OFDM-Signal optimal für den vorgegebenen Verstärker des Senders vorbereitet, um die Dynamik des Verstärkers optimal auszunutzen, ohne daß Außerbandstrahlung auftritt.

Alternativ ist es von Vorteil, es vorzugeben, wie lange das Korrektursignal bestimmt wird und von dem OFDM-Signal abgezogen wird, wodurch dann Erfahrungswerte in dieses Verfahren eingehen. Diese Weiterbildung vereinfacht die Iteration der Korrektur des OFDM-Signals.

Weiterhin ist es von Vorteil, daß das OFDM-Signal eine Überabtastung erfährt, bevor die Korrektur durchgeführt wird. Dadurch wird genau erkannt, welche Amplituden in dem OFDM-Signal vorkommen, denn eine Überabtastung liefert eine genauere Auflösung des zu korrigierenden OFDM-Signals.

Zeichnung

Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen Figur 1 einen Sender zum Versenden von OFDM-Signalen, Figur 2 ein Verfahren zur Reduzierung der Amplitudenvarianz bei OFDM-Signalen und Figur 3 ein Verfahren zur Korrektur der OFDM-Signale in einem Prozessor.

---

## Beschreibung der Ausführungsbeispiele

5 Orthogonaler Frequenzmultiplex (engl. Orthogonal Frequency  
Division Multiplex = OFDM) ist ein bekanntes und  
erfolgreiches Verfahren für mobile Funkanwendungen. Bei OFDM  
werden die zu versendenden Signale auf viele Unterträger  
verteilt, wobei diese Unterträger zueinander einen  
bestimmten Frequenzabstand haben, so daß sich die auf die  
10 Unterträger verteilten Signale nicht gegenseitig stören.  
Dieses Verhalten wird mit orthogonal beschrieben.

OFDM wird daher für digitale Rundfunkübertragungsverfahren  
eingesetzt. Dazu gehören DAB (Digital Audio Broadcasting),  
15 DVB (Digital Video Broadcasting) und DRM (Digital Radio  
Mondial). Diese Rundfunkübertragungsverfahren profitieren  
von der Eigenschaft von OFDM, daß, wenn eine  
frequenzselektive Dämpfung auftritt, nur ein geringer Teil  
des übertragenen Rundfunksignals gestört wird, da das  
20 Rundfunksignal auf eine Vielzahl von Frequenzen verteilt  
wurde und nur ein Signalanteil gestört wird, der auf einer  
Frequenz übertragen wird, bei der eine starke Dämpfung  
auftritt. Der gestörte Signalanteil wird durch  
fehlerdetektierende und -korrigierende Maßnahmen korrigiert.  
Zu diesen fehlerkorrigierenden Maßnahmen gehören  
fehlerkorrigierende Codes wie z.B. Blockcodes oder  
Faltungscodes.

---

30 Bei OFDM tritt nach dem Verteilen der zu übertragenden  
Signale auf die Unterträger eine Summierung im Zeitbereich  
der verteilten Signale auf, wobei die Amplituden sich so  
addieren können, daß die Amplitude des überlagerten Signals  
zu bestimmten Zeitpunkten so einen großen Wert annimmt, daß  
der Verstärker des Senders in seinen nichtlinearen Bereich  
35 getrieben wird, so daß Frequenzkomponenten außerhalb des

vorgegebenen Frequenzspektrums entstehen können. Solch ein Fall tritt ein, wenn die auf die einzelnen Unterträger verteilten Signale sich konstruktiv überlagern. Konstruktive Überlagerung tritt ein, wenn die Phasen der Signale gleich sind.

5

Wird ein Signal, das bei einer bestimmten Frequenz übertragen wird, auf eine nichtlineare Kennlinie gegeben, z.B. die eines Verstärkers, entstehen Frequenzkomponenten bei Vielfachen der bestimmten Frequenz. Sind diese Vielfachen außerhalb des Sendefrequenzspektrums spricht man von Außerbandstrahlung, da dann Signalenergie außerhalb des verfügbaren Spektrums übertragen wird und damit für die Signalübertragung verloren geht, weil ein Empfänger die Außerbandstrahlung herausfiltert. Darüber hinaus stört die Außerbandstrahlung andere Übertragungssysteme, die bei den Frequenzen eingesetzt wird, bei denen die Außerbandstrahlung auftritt.

10

15

20

Sind neue Frequenzkomponenten innerhalb des zur Verfügung stehenden Sendefrequenzspektrums vorhanden, werden unerwünschte Signalkomponenten im Empfänger demoduliert. Es kommt also zu einem Nebensprechen. Dadurch wird die Signalqualität und damit die Bitfehlerrate des empfangenen Signals entscheidend verschlechtert. Die Bitfehlerrate gibt an, wieviele Bits pro empfangenem Bit falsch detektiert werden. Um die Bitfehlerrate zu bestimmen, werden die fehlerdetektierenden Codes verwendet. Das OFDM-Signal liegt also nach dem Verteilen der zu übertragenden Signale auf die Unterträger wie ein Rauschsignal vor, wobei einzelne auftretende Amplitudenspitzen den Verstärker des Senders in den nichtlinearen Bereich treiben.

30

35

Das Verhältnis von Amplitudenspitzen während eines Signals zur mittleren Amplitude dieses Signals wird als Crestfaktor

definiert. Es gilt also, diesen Crestfaktor zu minimieren, um den Verstärker des Senders nur im linearen Bereich zu betreiben und ihn damit optimal auszulasten.

---

5 In Figur 1 ist ein Sender zum Versenden von OFDM-Signalen dargestellt. In einer Datenquelle 1 werden die zu versendenden Daten generiert. Die Datenquelle 1 ist hier ein Mikrofon. Das Mikrofon 1 wandelt Sprachsignale in elektrische Signale um, die Signale werden verstärkt, codiert und digitalisiert. Die digitalen Signale werden dann als Bitstrom einem OFDM-Modulator 2 übergeben. Die Verstärkung, die Codierung und die Digitalisierung wird durch eine Signalverarbeitung, die an das Mikrofon 1 angeschlossen ist, vorgenommen.

15 Der OFDM-Modulator 2 führt zunächst eine differentielle Phasenmodulation der zu übertragenden Signale durch. Dazu wird die differentielle Quadraturphasenumtastung, die englisch als Differential Quadratur Phase Shift Keying (DQPSK) bezeichnet wird, verwendet. Die DQPSK ist eine digitale Modulation, bei der die Phasenänderung des Signals moduliert wird. Dabei wird die Phasenänderung in einem bestimmten Zeitabstand, also pro Bit, als Modulationssignal eingesetzt. Hier wird eine Phasenänderung von  $\pm 90^\circ$  verwendet. Differentielle Modulationsverfahren haben den Vorteil, daß kein Absolutwert im Empfänger ermittelt werden muß, um die Signale zu demodulieren, da die übertragene Information in der Phasenänderung der übertragenen Signale enthalten ist. Eine Bitfolge von 110 führt also zu einer Phasenänderung von jeweils  $+90^\circ$  für die beiden Einsen und  $-90^\circ$  für die Null.

---

Neben der DQPSK können auch andere differentielle Phasenmodulationsverfahren und weitere digitale Modulationsverfahren angewendet werden. Von besonderer

Wichtigkeit sind hier die Quadraturamplitudenmodulation (QAM), bei der sowohl die Phase als auch die Amplitude moduliert werden, und alle Arten der Phasenumtastung (engl. Phase Shift Keying = PSK).

5

Die DQPSK ist ein komplexes Modulationsverfahren, da die Bits des Bitstroms, der in den OFDM-Modulator 2 geführt wird, auf Phasenänderungen abgebildet werden. Wird eine Phase eines Signals verändert, benutzt man eine komplexe Ebene für die grafische Darstellung der Signale als Zeiger, wobei ein Realteil auf der Abszisse und ein Imaginärteil auf der Ordinate abgetragen wird. Ein Signal mit einer Phase von größer Null wird um diese Phase in der komplexen Ebene gegen den Uhrzeigersinn von der Abszisse aus gedreht.

10

15

Nach der differentiellen QPSK führt der OFDM-Modulator 2 die Verteilung der zu demodulierenden Signale auf die Unterträger durch, so daß ein OFDM-Signal entsteht. Da als Folge der DQPSK, die der OFDM-Modulator 2 durchführt, ein komplexes Signal entsteht, ist ein erster und ein zweiter Datenausgang vom OFDM-Modulator 2 an einen ersten und zweiten Dateneingang eines Prozessors 3 angeschlossen, um zwei Anteile des Signals, Imaginär- und Realteil, getrennt zu verarbeiten.

20

Der Prozessor 3 führt zunächst eine Überabtastung der vom OFDM-Modulator 2 kommenden komplexen Signale durch. Erfahrungswerte haben gezeigt, daß eine mindestens vierfache Abtastung erforderlich ist, um die Amplitudenspitzen mit hoher Wahrscheinlichkeit zu erkennen. Bei einer geringeren Abtastung kann es vorkommen, daß ein Amplitudenspitzenwert genau zwischen zwei Abtastwerten liegt.

30

35

Nach der Überabtastung vergleicht der Prozessor 3 die Abtastwerte mit einer Schwelle, die vorgegeben und im Sender

abgespeichert ist. Die Schwelle legt fest, welche Amplituden zu hoch sind und damit den Verstärker in den nichtlinearen Bereich treiben würden. Ist ein Abtastwert größer als die vorgegebene Schwelle, dann wird eine Differenz zwischen diesem Abtastwert und der Schwelle gebildet. Das Korrektursignal erhält als Amplitude diese Differenz für den Zeitpunkt, für den der Abtastwert größer als die Schwelle war. Ist der Abtastwert gleich oder unterhalb der Schwelle, dann erhält das Korrektursignal eine Amplitude von null für diesen Zeitpunkt.

Figur 3 erläutert in einem Blockschaltbild den Ablauf, den der Prozessor 3 durchläuft, um das Korrektursignal zu ermitteln und von dem zu korrigierenden OFDM-Signal abziehen. Am Eingang 30 des Blockschaltbildes liegen die Abtastwerte als komplexe Werte an. Im Block 31 wird mittels einer Tabelle aus kartesischen Koordinaten, die die komplexe Zahl des OFDM-Signals beschreiben, ein Polarkoordinatenpaar gebildet. Dies ist notwendig, damit die Amplitude des OFDM-Signals bestimmt werden kann. Denn liegt das komplexe OFDM-Signal als Imaginärteil und Realteil, also als kartesische Koordinaten, vor, dann liegen nur die Koordinaten der komplexen Zahl in einem Koordinatensystem vor, wobei die Abszisse den Realteil und die Ordinate den Imaginärteil angeben. Um aber einen Vergleich zwischen der Schwelle und der Amplitude des OFDM-Signals zu erzielen, ist ein Betrag der komplexen Zahl erforderlich. Dieser Betrag aber ist die Quadratwurzel aus der Summe der einzelnen Quadrate der Koordinatenwerte, also des Realteils und des Imaginärteils, und damit die Länge eines Vektors vom Ursprung des Koordinatensystems zu den Koordinaten der komplexen Zahl, die das Signal beschreibt.

Darüber hinaus wird die Phase des OFDM-Signals ermittelt, da diese Phase dem Korrektursignal für diesen Zeitpunkt

aufgeprägt werden soll, um die Qualität des korrigierten OFDM-Signals zu erhöhen. Die Umwandlung von kartesischen Koordinaten in polare Koordinaten liefert beides, den Betrag des komplexen OFDM-Signals und auch die Phase. Die Phase des komplexen OFDM-Signals ist der Winkel von der Abszisse zu dem Vektor des OFDM-Signals, wobei gegen den Uhrzeigersinn gemessen wird. Für diese Zuordnung von kartesischen Koordinaten zu polaren Koordinaten mittels einer Tabelle wird der sogenannte CORDIC-Algorithmus verwendet. Die Amplitude und damit der Betrag des komplexen OFDM-Signals wird in dem Block 32 mit einer vorgegebenen Schwelle verglichen. Liegt der Betrag des komplexen OFDM-Signals unterhalb der Schwelle, wird das Ausgangssignal zu null gesetzt und damit das Korrektursignal. Liegt der Betrag des komplexen OFDM-Signals über der Schwelle, ergibt die Differenz zwischen der Schwelle und dem Betrag die Amplitude des Korrektursignals.

Das Eingangssignal 30 wird mittels eines Multiplikators 33 mit dem Ausgangssignal des Blocks 32 multipliziert. Ist der Betrag des komplexen OFDM-Signals über der Schwelle gewesen, dann ist das Produkt größer null, ansonsten ist es null. Im Block 34 wird mit dem bewerteten Eingangssignal 30 Gaußimpulse für den Realteil und für den Imaginärteil aus einem Speicher entnommen. Im nachfolgenden Block 35 wird aus den Gaußimpulsen für den realen und für den imaginären Teil eine komplexe Zahl und damit ein komplexes Korrektursignal gebildet. Weiterhin wird das komplexe Korrektursignal um eine Zeit  $T_2$  verzögert, wobei die Zeit  $T_2$  vorgegeben ist.

Die so verzögerte Zeit wird im Block 36 abgespeichert. Das ursprüngliche Eingangssignal 30 wird im Block 37 um die vorgegebene Zeit  $T_1$  verzögert, um dann in dem Speicher 38 abgelegt zu werden. Die Zeiten  $T_1$  und  $T_2$  sind so bemessen, daß das OFDM-Signal, für das das Korrektursignal bestimmt

wird, und das Korrektursignal zu gleichen Zeit in den Blöcken 36 und 37 abgespeichert werden.

---

5 Mittels der Subtraktion 40 wird eine komplexe Subtraktion vorgenommen, so daß das OFDM-Signal um seine Amplitudenspitzen bereinigt wird, wobei die Phase des Signals bei der Subtraktion durch Beibehaltung des Real- und Imaginärteils für das Korrektursignal berücksichtigt wird. Als Ausgangssignal 39 liegt das korrigierte Signal vor.

10 Der Prozessor 3 führt die eben beschriebene Korrektur solange durch, bis keine Amplitude des komplexen OFDM-Signals mehr über dem Schwellenwert liegt. Das Korrektursignal kann nämlich dazu führen, daß  
15 Amplitudenwerte, die ursprünglich unterhalb der Schwelle waren durch die Bewertung mit dem Korrektursignal über die Schwelle gehoben werden. Alternativ kann der Korrekturalgorithmus für eine vorgegebene Anzahl von Durchläufen durchgeführt werden.

20 Im Vorentzerrer 4 wird das korrigierte komplexe OFDM-Signal gemäß der Kennlinie eines Verstärkers 8 des Senders vorentzerzt, indem es mit dem Kehrwert der Kennlinie des Verstärkers 8 multipliziert wird. Nach der Vorentzerrung werden mittels von Digital-Analogwandlern 5 und 6 der Realteil und der Imaginärteil des Signals jeweils in ein analoges Signal umgewandelt.

---

30 Mit einem Quadraturmodulator 7 wird das komplexe OFDM-Signal in ein reales Signal umgewandelt und in einen Zwischenfrequenzbereich umgesetzt. Dabei wird das komplexe Signal, das mathematisch mit  $x(t) = a(t) + jb(t)$  beschrieben wird, durch folgende Vorschrift in ein reelles Signal und in den Zwischenfrequenzbereich transformiert:

35  $y(t) = a(t)\cos(\omega t) - b(t)\sin(\omega t)$ . Dabei ist  $\omega$  eine

Frequenzverschiebung in den Zwischenfrequenzbereich, wobei  $\omega$  von einem mit dem Quadraturmodulator 7 verbundenen Oszillator erzeugt wird.

5 Der Verstärker 8 des Senders verstärkt die vom Quadraturmodulator kommenden Signale und die verstärkten Signale werden mittels einer Antenne 9 versendet.

10 Figur 2 zeigt ein Verfahren zur Reduzierung der Amplitudenvarianz bei OFDM-Signalen. Amplitudenvarianz bezeichnet das Verhalten von OFDM-Signalen, das die Amplitude aufgrund der Überlagerung der auf die einzelnen Unterträger verteilten Signale stark wechselnde Amplituden aufweist.

15 In Verfahrensschritt 10 werden die Daten erzeugt. Dies geschieht z.B. wie oben beschrieben. In Verfahrensschritt 11 werden die erzeugten Daten mit einer differentiellen Phasenmodulation moduliert, wobei hier die DQPSK verwendet  
20 wird. In Verfahrensschritt 12 werden die modulierten Signale auf die Unterträger verteilt, so daß ein OFDM-Signal entsteht. In Verfahrensschritt 13 wird das OFDM-Signal einer Überabtastung unterzogen, so daß eine Menge von abgetasteten Werten vorliegt, die in Verfahrensschritt 14 mit einer Schwelle für die Amplitude verglichen werden. Dieser Vergleich wird in Verfahrensschritt 23 untersucht. Ist eine Amplitude über der Schwelle, wird in Verfahrensschritt 15  
25 weiterverfahren, ist keine Amplitude mehr über der Schwelle wird in Verfahrensschritt 18 weitergemacht.

30 In Verfahrensschritt 15 wird die Phase des OFDM-Signals bestimmt. In Verfahrensschritt 16 wird aus der Differenz von Amplitudenwerten, die über der Schwelle liegen als Amplitude ein Korrektursignal gebildet und die dazugehörige Phase des  
35 OFDM-Signals aufgeprägt. Zu den Zeitpunkten, zu denen die

Amplitudenwerte des OFDM-Signals unter der Schwelle liegen,  
zu diesen Zeitpunkten wird die Amplitude des  
Korrektursignals zu null gesetzt. In Verfahrensschritt 17  
wird das Korrektursignal von dem OFDM-Signal abgezogen, so  
5 daß die Korrektur durchgeführt wird. In Verfahrensschritt 18  
wird das korrigierte Signal entsprechend der inversen  
Kennlinie des Verstärkers 8 des Senders vorentzerzt. In  
Verfahrensschritt 19 wird aus dem digitalen vorentzerzten  
Signal ein Analogsignal erzeugt, so daß keine Signalanteile  
10 bei Frequenzen vorliegen, die außerhalb des  
Sendefrequenzspektrums liegen. In Verfahrensschritt 19 wird  
die Quadraturmodulation durchgeführt, um das analoge Signal  
in den Sendefrequenzbereich umzusetzen. In Verfahrensschritt  
21 wird das umgesetzte Signal verstärkt und in  
15 Verfahrensschritt 22 mittels der Antenne 9 versendet.

Hier wurde die Korrektur im Basisband durchgeführt. Das ist  
der Frequenzbereich, in dem z.B. die Sprachsignale direkt  
nach der akustisch elektrischen Wandlung vorliegen. Es ist  
20 jedoch möglich, das erfindungsgemäße Verfahren auch in einem  
Zwischenfrequenzbereich durchzuführen. Dazu ist es  
notwendig, daß nach der Abtastung eine Hilberttransformation  
der Signale vorgenommen wird und nach dem Abziehen des  
Korrektursignals von dem ursprünglichen Signal eine  
Hilbertrücktransformation vorgenommen wird.

Dazu wird ein Signal, das bereits in einem  
Zwischenfrequenzbereich vorliegt und mit  $x(t) = a(t) \cos(\omega t)$   
beschrieben ist, in ein komplexes Signal umgewandelt, das  
30 dann mit  $y(t) = a(t) \cdot e^{j\omega t}$  beschrieben wird. Die  
Hilbertrücktransformation nach der Durchführung des  
erfindungsgemäßen Verfahrens erfolgt einfach durch eine  
Realteilbildung des komplexen Signals.

14.09.99 Vg/Kat

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

### Ansprüche

10 1. Verfahren zum Senden von Funksignalen, wobei die  
Funksignale auf verschiedene Unterträger verteilt werden,  
wobei die Funksignale mit einer differentiellen  
Phasenmodulation moduliert werden, wobei die Funksignale  
nach der Modulation abgetastet werden, um Abtastwerte des  
modulierten Funksignals zu erzeugen, wobei mittels der  
15 Abtastwerte Amplitudenwerte der Funksignale bestimmt werden,  
wobei die Amplitudenwerte mit einer vorgegebenen Schwelle  
verglichen werden, um eine Differenz zu erhalten, wobei die  
Differenz vor dem Senden als Korrektursignal von den  
Funksignalen abgezogen wird, um die Amplitudenwerte der  
20 Funksignale, die über der vorgegebenen Schwelle liegen auf  
einen Wert der Schwelle zu senken, wobei die korrigierten  
Funksignale vorentzerzt werden, wobei die vorentzerzten  
Funksignale mittels Digital-Analogwandlern (5, 6) in analoge  
Funksignale umgewandelt werden, wobei die analogen  
Funksignale verstärkt und versendet werden, dadurch  
gekennzeichnet, daß eine Phase der Funksignale bestimmt wird  
und daß das Korrektursignal mit der Phase der Funksignale  
versehen wird, bevor das Korrektursignal von den  
30 Funksignalen abgezogen wird.

35 2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß  
von den Funksignalen wiederholt ein Korrektursignal  
abgezogen wird, wobei das Korrektursignal für jede Korrektur  
neu bestimmt wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß  
als Korrektursignale Gaußimpulse verwendet werden.

---

5 4. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß  
das Korrektursignal solange von den Funksignalen abgezogen  
wird, bis die Amplituden des korrigierten Funksignals  
höchstens gleich der vorgegebenen Schwelle sind.

10 5. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß es  
vorgegeben wird, wie oft das Korrektursignal von den  
Funksignalen abgezogen wird.

15 6. Verfahren nach den Ansprüchen 4 oder 5, dadurch  
gekennzeichnet, daß die Funksignale überabgetastet werden.

20 7. Sender zum Versenden von Funksignalen, wobei ein  
Modulator (2) zu versendende digitale Signale auf  
verschiedene Unterträger verteilt und eine differentielle  
Phasenmodulation an den digitalen Signalen durchführt, wobei  
ein Prozessor (3) die auf verschiedene Unterträger  
verteilten digitalen Signale abtastet, wobei der Prozessor  
(3) Amplituden der abgetasteten Signale bestimmt, wobei der  
Prozessor (3) die Amplituden mit einer vorgegebenen Schwelle  
vergleicht und für die Amplituden, die über der Schwelle  
liegen eine Differenz zwischen den Amplituden und der  
Schwelle bildet, wobei der Prozessor (3) ein Korrektursignal  
mit der Differenz als Amplitude des Korrektursignals bildet,  
wobei der Prozessor (3) das Korrektursignal von den auf

---

30 verschiedene Unterträger verteilten digitalen Signalen  
abzieht, wobei ein Vorentzerrer (4) die korrigierten  
digitalen Signale vorentzerrt, wobei Digital/Analogwandler  
(5, 6) die auf verschiedene Unterträger verteilten digitalen  
Signale in analoge Signale umwandeln, dadurch  
gekennzeichnet, daß der Prozessor (3) eine Phase der  
35 abgetasteten Signale bestimmt und daß der Prozessor (3) das

14.09.99 Vg/Kat

---

ROBERT BOSCH GMBH, 70442 Stuttgart

5

Verfahren zum Senden von Funksignalen und Sender zum  
Versenden von Funksignalen

10

Zusammenfassung

15

Es wird ein Verfahren zum Senden von Funksignalen bzw. ein Sender zum Versenden von Funksignalen vorgeschlagen, die dazu dienen, einen Verstärker des Senders (8) optimal in seinem linearen Bereich zu betreiben, wobei Signale im orthogonalen Frequenzmultiplex (OFDM) versendet werden. Die Amplituden der OFDM-Signale, die über einer vorgegebenen Schwelle liegen, werden mittels eines additiven Korrektursignals eliminiert, wobei dem additiven Korrektursignal die Phase der OFDM-Signale aufgeprägt wird. Weiterhin wird ein Korrektursignal gebildet und von den OFDM-Signalen abgezogen, bis keine Amplituden der OFDM-Signale mehr über der vorgegebenen Schwelle liegen. Als Korrektursignale werden Gaußimpulse aufgrund ihrer einfachen Handhabung verwendet. Eine Überabtastung der OFDM-Signale wird zur Bestimmung der Amplitudenwerte der OFDM-Signale verwendet.

---

20

- 1 -

R. 36807

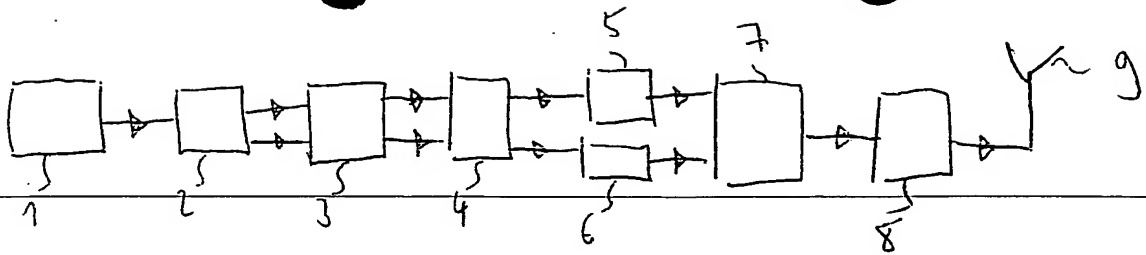


Fig. 1

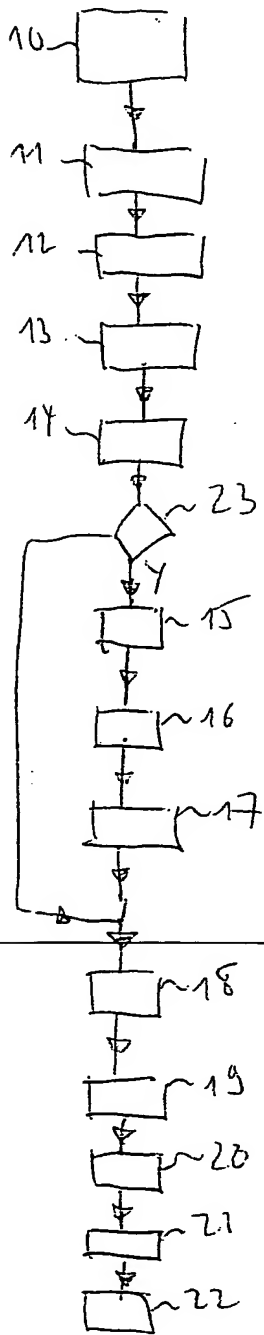


Fig. 2

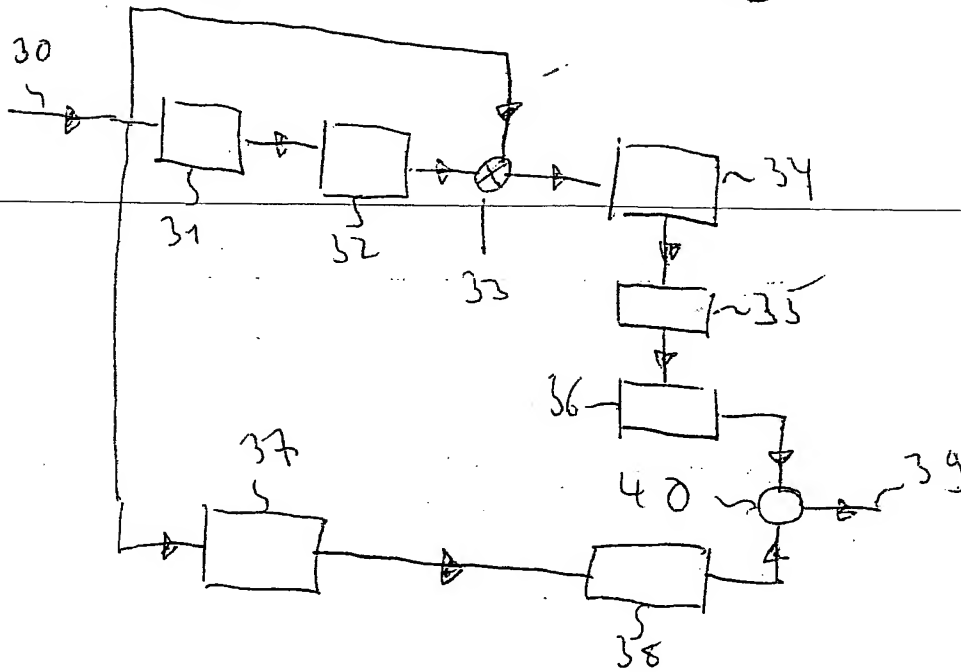


Fig. 3